

Deuxième Partie :
Transformations
nucléaires
Unité 4
4H

Décroissance radioactive

التناقص الإشعاعي

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
 (السلام عليكم ورحمة الله وبركاته)
 2^{ème} Bac Sciences
 Physique

I – Stabilité et instabilité des noyaux :

Www.AdrarPhysic.Fr

1– Composition du noyau :

Le **noyau** d'un **atome** est constitué de **nucléons** (**protons** et **neutrons**).

Le **noyau** d'un **atome** d'un **élément chimique** est représenté par le **symbole** : $\frac{A}{Z}X$ avec :

A : **nombre de masse** et représente le **nombre de nucléons** (protons et neutrons).

Z : **nombre de charge** et représente le **nombre de protons**.

N : **nombre de neutrons** se détermine par l'expression : $N = A - Z$.

2– L'élément chimique :

L'élément chimique est constitué par l'**ensemble** des **atomes** et des **ions** ayant le **même nombre de protons**.

3– Les nucléides :

Dans la **physique atomique**, un **nucléide** est l'**ensemble** des **noyaux** ayant le **même nombre de nucléons A** et le **même nombre de protons Z**.

Exemple : $^{12}_6C$ et $^{14}_6C$ sont **deux nucléides** de l'élément **carbone**
 $^{235}_{92}U$ et $^{238}_{92}U$ sont **deux nucléides** de l'élément **uranium**.

4– Les isotopes :

On appelle **les isotopes** d'un **élément chimique**, les **nucléides** qui possèdent le **même nombre de protons** mais de **nombre de neutrons différent** (nombre de **nucléons A**).

Exemple : $^{12}_6C$ et $^{14}_6C$ sont **deux isotopes** du même élément de **carbone**

Remarque : l'**abondance naturelle** θ_i des **isotopes** est le **pourcentage en masse** de chacun des **isotopes** m_i dans le **mélange naturel** de masse m avec : $m = \sum m_i \theta_i$.

5– Dimension du noyau :

On modélise le **noyau** d'un **atome** par une **sphère** de **rayon r** varie avec le **nombre de nucléons A** selon l'expression suivante : $r = r_0 A^{1/3}$ avec $r_0 = 1,2 \cdot 10^{-15} m$ le **rayon de l'atome d'hydrogène**.

La valeur approximative de la **masse volumique** du **noyau** est : $\rho = \frac{A \cdot m}{V} = \frac{A \cdot m}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{A \cdot m}{\frac{4}{3}\pi (r_0 A^{1/3})^3} = \frac{3m}{4\pi \cdot r_0^3}$.

On considère la **masse approximative** du **nucléon** est : $m = 1,67 \cdot 10^{-27} kg$, on trouve la **masse volumique** $\rho \approx 2,3 \cdot 10^{17} kg \cdot m^{-3}$ et c'est ce qui explique que **la matière nucléaire est très dense** .

6– Le diagramme (N, Z) : Diagramme de Segré :

Certains **noyaux** conservent toujours la **même structure**, on dit que **ses noyaux sont stables**. Et il y a des **noyaux** qui se **transforment spontanément** à d'autres **noyaux** après l'**émission de rayonnement**, on dit que **ses noyaux sont instables ou noyaux radioactifs**. Le **diagramme Segré** montre l'emplacement des **noyaux stables** et des **noyaux radioactifs**. De sorte que chaque **noyau** est représenté par un **petit carré** d'abscisse **Z** le **nombre de protons** et d'ordonnée **N** le **nombre de neutrons**. La zone centrale rouge s'appelle **la vallée de stabilité** et comprend les **noyaux stables**.

a- Rappeler la **signification** de la **lettre A** qui est **mentionnée** dans la **représentation** A_ZX , et donner la **relation** entre **A** et **Z** et **N**.

La **lettre A** indique le **nombre de masse** et $A = Z + N$

b- Quels sont les **caractéristiques** des **noyaux stables** de $Z < 20$? déduire que le **rapport** $\frac{A}{Z} \approx 2$.

Pour les **noyaux stables** de $Z < 20$ on a $Z = N$ et on sait que $A = Z + N = Z + Z = 2Z$ donc $\frac{A}{Z} \approx 2$.

c- Comment devenir le **rapport** $\frac{A}{Z}$ pour les **noyaux lourds stables** c-à-d pour les **noyaux** de $Z > 70$?

Pour les **noyaux** de $Z > 70$, on a $N > Z$ alors $A > Z + Z$ c-à-d $A > 2Z$ donc $\frac{A}{Z} > 2$

d- La **zone de couleur bleue** comprend les **noyaux de radioactivité** β^- . Comparer **Z** et **N** pour cette **zone**. Que concluez-vous ?

Pour cette **zone** qui se trouve **au-dessus** de la **vallée de stabilité**, on a $N > Z$, on conclut que **ces noyaux** doivent **perdre un ou plusieurs neutrons** pour se stabiliser.

e- Comparer **Z** et **N** pour la **zone de couleur jaune**. Que concluez-vous ?

Pour cette **zone** qui se trouve **au-dessous** de la **vallée de stabilité**, on a $N < Z$, on conclut que **ces noyaux** doivent **perdre un ou plusieurs protons** pour sa stabilité.

f- Les **noyaux lourds** ($A > 200$, $Z > 82$) sont-ils **stables** ? Si la **réponse** est **non**, quel est leur **type de radioactivité** ?

Ces **noyaux** sont **instables** et leur **radioactivité** est α où ils doivent **perdre des protons** et des **neutrons** pour être **stables**.

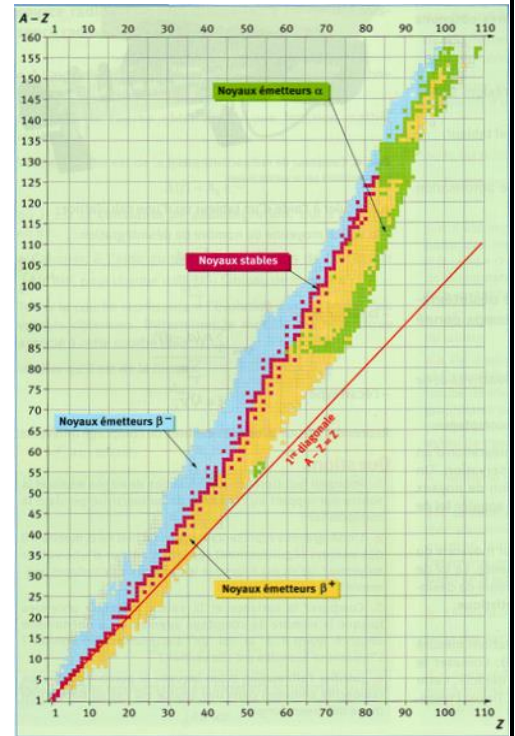
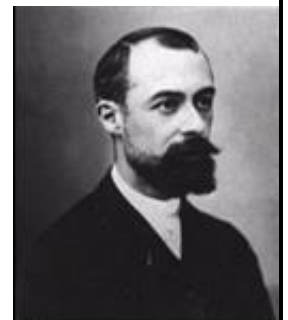
Conclusions :

- ⊕ **Différents isotopes** de **même élément chimique** se trouve sur la **même droite** parallèle à l'axe des ordonnées.
- ⊕ **Pour les nucléides de $Z \leq 20$: la vallée de stabilité** se situe **au voisinage** du **premier médiateur** ($Z = N$), c-à-d que les **nucléides légers stables** possèdent de **protons** que de **neutrons**.
- ⊕ **Pour les nucléides de $Z > 20$: la vallée de stabilité** se déplace **au-dessus** du **premier médiateur** quand la **valeur** de **Z** augmente c-à-d $N > Z$. Donc la **stabilité** du **noyau** n'est assurée que s'il contient **plus de neutrons** que de **protons**.

II – La radioactivité :

1- Activité :

Henri Becquerel s'intéresse a étudié le **phénomène** de la **fluorescence** des **sels d'uranium** qui **émet** des **rayons visibles** après une **exposition** par les **rayons solaires** pendant une **durée suffisante**. **Henri Becquerel** fait une **observation inattendue** « au hasard », en fait à un **contretemps**. Le **mercredi 26** et le **jeudi 27 février 1896**, **Becquerel** prépare ses **plaques photographiques** et ses **lamelles recouvertes** de **sels d'uranium**. Le **soleil** nécessaire, pense-t-il, pour **exciter** les **sels d'uranium phosphorescents** étant **absent**, il remet au **lendemain** ses



expériences en rangeant dans un tiroir voisin les lamelles et les plaques photographiques bien enveloppées et protégées. Le vendredi et le samedi, le temps restant couvert, l'expérimentation est encore retardée. Le dimanche 1^{er} mars, Becquerel décide de développer les plaques photographiques. Il constate alors avec surprise, que les plaques (pourtant dûment protégées) sont impressionnées. Il s'empresse de refaire l'expérience en vérifiant avec soin toutes les étapes du protocole opératoire, afin d'éliminer toute cause due à une éventuelle erreur de manipulation. Il ne peut que constater l'absence de causalité entre l'émission d'un rayonnement par les sels d'uranium et leur préalable insolation. Il venait de découvrir la radioactivité.

Le sel d'uranium émet spontanément, même en l'absence d'excitation par la lumière, un rayonnement pénétrant qui impressionne les plaques photographiques. **Henri Becquerel** montre par la suite que cette faculté d'émettre des rayons est une propriété intrinsèque de l'élément uranium. Il appelle ces rayons « rayons uraniques ».

Au début de 1898, **Marie Curie**, physicienne française d'origine polonaise, commence dans un hangar de l'école de Physique et Chimie un travail de thèse de doctorat sur les rayons de Becquerel : elle examine systématiquement un grand nombre de composés chimiques et de minéraux, et découvre que les minéraux d'uranium comme la pechblende, émettent plus de rayonnement que l'uranium

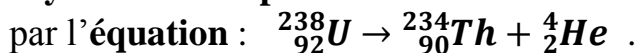


lui-même. Elle déduit de ce fait remarquable que ces substances contiennent, en très petite quantité, un élément beaucoup plus actif que l'uranium. C'est alors que **Pierre Curie**, son mari, joint ses efforts à ceux de Marie. Tous les deux parviennent à isoler l'élément inconnu, le Thorium, et à en déterminer leurs propriétés.

A cette occasion, **Marie Curie** invente le mot « radioactivité ».

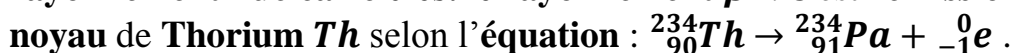
Un certain nombre d'études ont suivi, menant à l'identification et à la classification des rayonnements émis par des matières radioactives, où les deux physiciens anglais **Ernest Rutherford** et **Frederick Soddy** ont identifié

les rayonnements émis par l'uranium 238, et ont montrés qui sont un noyau d'hélium ionisé, appelé rayonnement alpha α . Cette émission est exprimée par l'équation :



En 1900, **Becquerel** a identifié un autre type de

rayonnement nucléaire c'est le rayonnement β^- . C'est l'émission d'électrons de noyau de Thorium Th selon l'équation :



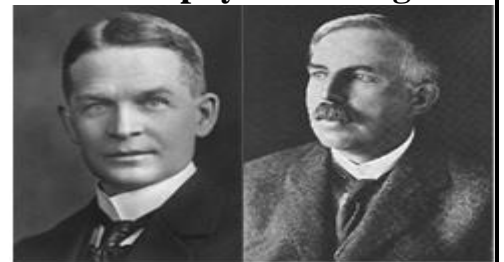
Après cela, le Français **Paul Villard** a souligné la présence de rayonnement γ , qui sont des ondes électromagnétiques invisibles. Toutes ces découvertes et leurs applications ont enrichi les connaissances de la nature du noyau de l'atome.

a- Que signifie le mot "radiation" ?

La radiation est un phénomène dans lequel un élément chimique émet des rayons visibles après une exposition à des rayons lumineux.

b- Comment Becquerel a-t-il déduit que les sels d'uranium émettaient un rayonnement invisible ?

Il observe que les plaques photographiques sont affectées bien qu'elles ne soient pas exposées aux rayons solaires.



c- Le **phénomène** de la **radioactivité** a-t-il été **découvert au hasard** ou existe-t-il une **prédiction théorique** de sa découverte ?

La **radioactivité** a été **découverte par hasard** (involontairement).

d- Qu'est-ce que la **radioactivité** ? Comment **détecter** les **matières radioactives** ?

La **radioactivité** est une **désintégration naturelle et imprévisible** d'un **noyau instable**. Elles sont **détectées** par des **plaques photographiques** placées devant la **matière**.

e- Citer les **noms** des **deux noyaux radioactifs identifiés** à la **limite de 1898**.

Noyau d'uranium ${}_{92}^{238}\text{U}$ et **noyau de Thurium** ${}_{90}^{234}\text{Th}$.

f- Citer les **types** de **radiations nucléaires** dans le **texte** et déterminer leur **nature**.

α C'est un **noyau d'hélium ionisé** ${}_{2}^4\text{He}$ et β^- Ce sont des **électrons** ${}_{-1}^0\text{e}$
 γ Ce sont des **ondes électromagnétiques invisibles**.

g- Vérifier que le **nombre de masse A** et le **nombre de charge Z** sont **conservés** dans les **deux équations de transformation** citées dans **texte**.

On remarque que le **nombre de masse A** ($238 = 234 + 4$ et $234 = 234 + 0$) et le **nombre de charge Z** ($92 = 90 + 2$ et $90 = 91 - 1$) sont **conservés**.

2- Définitions :

↪ Un **noyau radioactif** est un **noyau instable** qui se **désintègre spontanément** en **émettant** une **particule**.

↪ La **radioactivité** est une **désintégration naturelle** d'un **noyau radioactif** à un **noyau fils plus stable** avec **émission** d'une **particule**. Elle s'exprime par l'équation

suivante : ${}_{Z_1}^{A_1}\text{X} \rightarrow {}_{Z_2}^{A_2}\text{Y} + {}_{Z_3}^{A_3}\text{P}$. Où X est le symbole du **noyau père**, Y celui du **noyau fils** et P celui de la **particule émise**.

3- Propriétés de la radioactivité :

La **radioactivité** est :

- ✍ **Aléatoire** : on ne peut pas **prédire** l'**instant exact** où un **noyau** va se **désintégrer**.
- ✍ **Spontanée** : la **désintégration** se fait **sans intervention extérieure**.
- ✍ **Inévitable** : le **noyau radioactif** sera **désintégrer** tôt ou tard, rien ne peut l'**empêcher**.
- ✍ **Ne dépend pas des facteurs extérieurs** comme la **pression**, la **chaleur**, ...
- ✍ **Ne dépend pas de liaisons chimiques formées** par l'**atome** qui contient le **noyau radioactif**.

4- Lois de conservation :

Les **transformations nucléaires** obéissent à des **lois de conservation**, appelées **lois de conservation de Soddy** : **Lors des transformations nucléaires, il y a conservation du nombre de charge Z et du nombre de nucléons A.**

Exemple : ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_{2}^4\text{He}$ et ${}_{90}^{234}\text{Th} \rightarrow {}_{91}^{234}\text{Pa} + {}_{-1}^0\text{e}$.

5- Les différents types d'émissions radioactives :

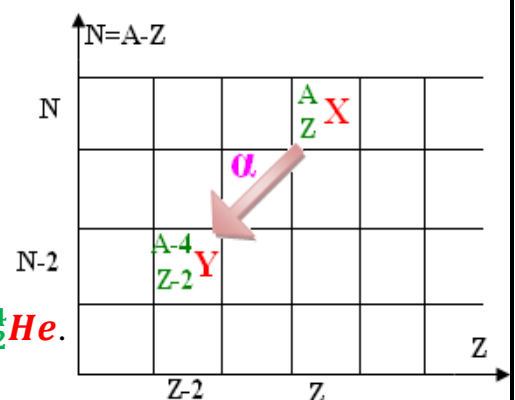
A- Radioactivité α :

La **radioactivité α** est une **désintégration nucléaire naturelle spontanée** correspond aux **noyaux lourds** ($A > 200$), dans laquelle un **noyau père** ${}_{Z}^A\text{X}$ se

transforme en un **noyau fils** ${}_{Z-2}^{A-4}\text{Y}$ accompagnée de

l'émission d'un **noyau d'Hélium** ${}_{2}^4\text{He}$ appelé **particule α** , selon l'équation suivante : ${}_{Z}^A\text{X} \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}\text{Y} + {}_{2}^4\text{He}$.

Exemple : ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_{2}^4\text{He}$.

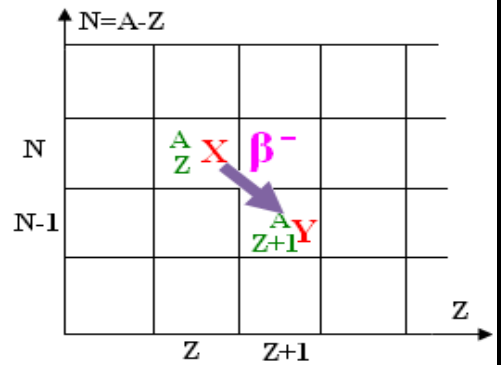


B- Radioactivité β^- :

La **radioactivité β^-** est une **désintégration nucléaire naturelle spontanée**, dans laquelle un **noyau père A_ZX** se transforme en un **noyau fils ${}^{A}_{Z+1}Y$** accompagnée de l'émission d'un **électron ${}^0_{-1}e^-$** appelé **particule β^-** , selon l'équation suivante : ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e^-$.

Exemple : ${}^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^0_{-1}e^-$.

Remarque : lors de cette **radioactivité β^-** un **neutron** se transforme en un **proton** selon l'équation suivante : ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e^-$.

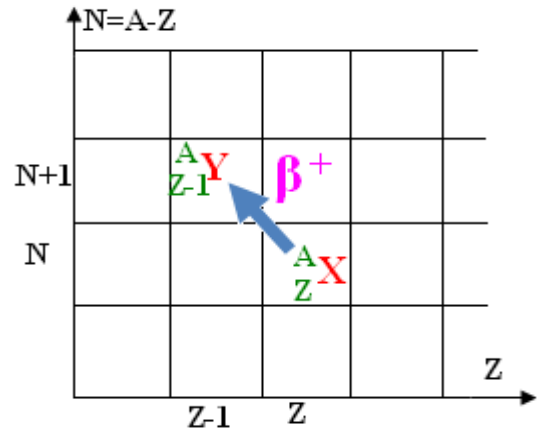


C- Radioactivité β^+ :

La **radioactivité β^+** est une **désintégration nucléaire naturelle spontanée**, Il apparaît généralement pour les **éléments radioactifs artificiels**, dans laquelle un **noyau père A_ZX** se transforme en un **noyau fils ${}^{A}_{Z-1}Y$** accompagnée de l'émission d'un **positron ${}^0_1e^+$** appelé **particule β^+** , selon l'équation suivante : ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^0_1e^+$. Le **positron** a une **masse égale** à celle de l'**électron** et une **charge opposée**.

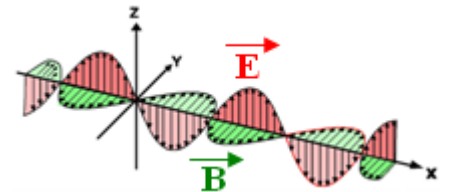
Exemple : ${}^{30}_{15}P \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^0_1e^+$.

Remarque : lors de cette **radioactivité β^+** un **proton** se transforme en un **neutron** selon l'équation suivante : ${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_1e^+$.



D- Le rayonnement γ :

Le **rayonnement γ** est des **ondes électromagnétiques** de très **grande énergie**, lors des **désintégrations α** et **β^-** et **β^+** , le **noyau fils** est généralement produit dans un **état excité** (il possède un **excédent d'énergie** par rapport à son **état fondamental**). Ce **noyau libère un rayonnement γ** selon l'équation suivante : ${}^A_ZY^* \rightarrow {}^A_ZY + \gamma$.



${}^A_ZY^*$: **noyau fils** dans l'état excité A_ZY : **noyau fils** dans l'état fondamental.

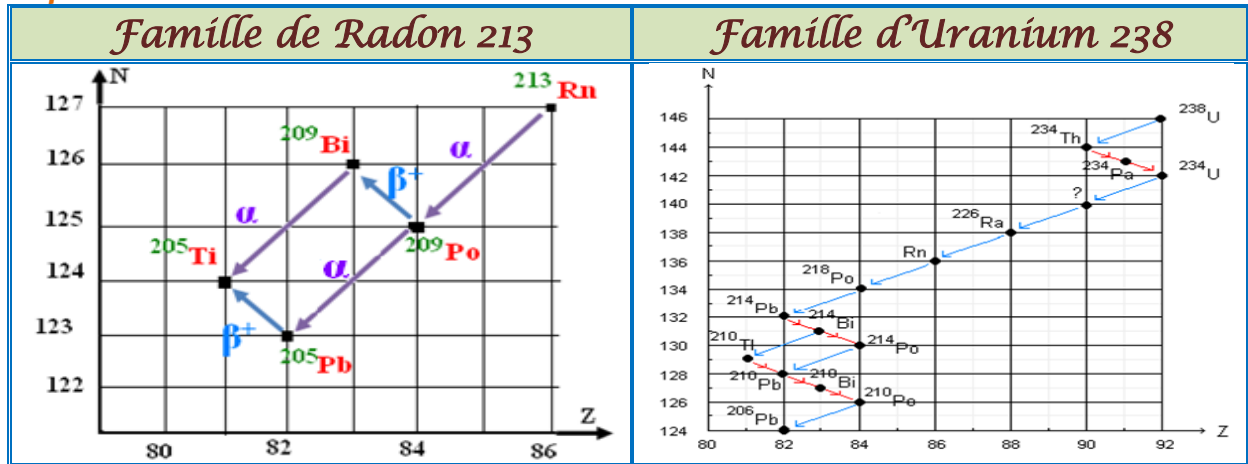
Exemple : ${}^{16}_7N \rightarrow {}^{16}_8O^* + {}^0_{-1}e^-$ radioactivité β^- .
 ${}^{16}_8O^* \rightarrow {}^{16}_8O + \gamma$ émission de rayonnement γ .

| | |
|----------------------|---|
| Application : | En utilisant le tableau périodique des éléments chimiques, complétez les équations suivantes avec la détermination de la nature du rayonnement. |
| Réponse : | ${}^{80}_{35}Br \xrightarrow{\beta^+} {}^{80}_{34}Se + {}^0_1e^+$ et ${}^{87}_{38}Sr^* \xrightarrow{\gamma} {}^{87}_{38}Sr + \gamma$ ${}^{214}_{82}Pb \xrightarrow{\beta^-} {}^{214}_{83}Bi + {}^0_{-1}e^-$ et ${}^{226}_{88}Ra \xrightarrow{\alpha} {}^{222}_{86}Rn + {}^4_2He$ |

6- La famille radioactive :

Le **noyau fils** obtenu après **désintégration** d'un **noyau père** peut parfois, à son **tour**, se **désintégrer** en un **nouveau noyau fils**, et **ainsi de suite**, jusqu'à ce qu'on obtient un **noyau stable**. L'**ensemble** de ces **noyaux** forme ce qu'on appelle **une famille radioactive** du noyau de départ. Il existe **quatre familles radioactives naturelles** provenant des **noyaux suivants** : ${}^{232}_{90}Th$; ${}^{237}_{93}Np$; ${}^{235}_{92}U$; ${}^{238}_{92}U$.

Exemple :



III – Loi de décroissance radioactive :

La **radioactivité** est un **phénomène aléatoire spontané**, il n'est pas possible de **prévoir** à l'avance la **date de désintégration** d'un **noyau** et de **changer** les **caractéristiques** de ce **phénomène**. Cependant, l'**évolution** dans le **temps** d'un **échantillon radioactif** est soumise à une **loi statistique** appelée **loi de décroissance radioactive** (découvert par **Rutherford** et **Soddy** en 1902).

1– La loi de décroissance radioactive :

Soit N_0 le **nombre de noyaux radioactifs** à l'instant $t = 0$, et soit $N(t)$ le **nombre de noyaux radioactifs restants** (non désintégrés) à l'instant t . Soit $N(t) + dN(t)$ le **nombre de radioactifs encore présents** à l'instant $t + dt$ avec $dN(t) < 0$.

Le **nombre de noyaux** qui se sont **désintégrés** pendant la **durée** dt est :

$$N(t) - (N(t) + dN(t)) = -dN(t).$$

Les **expériences** ont **confirmé** que $-dN(t)$ est **proportionnelle** à $N(t)$ et dt .

C-à-d $-dN(t) = \lambda \cdot N(t) \cdot dt$. Alors $\frac{dN(t)}{N(t)} = -\lambda \cdot dt$ donc $\ln N(t) = -\lambda \cdot t + c$

donc $N(t) = e^{-\lambda \cdot t + c} = e^{-\lambda \cdot t} \cdot e^c$ on pose $e^c = \alpha$ donc $N(t) = \alpha \cdot e^{-\lambda \cdot t}$.

A l'instant $t = 0$ on a $N(0) = N_0$ et on a $N(0) = \alpha \cdot e^0 = \alpha$ donc $\alpha = N_0$.

Par conséquent, nous exprimons la **loi de décroissance radioactive** d'un

échantillon radioactif comme suit : $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$.

Le **nombre de nucléides non désintégrés** $N(t)$ d'un **échantillon radioactif** soumis à la **loi de décroissance radioactive** avec λ est la **constante de désintégration**, ne dépend pas des **conditions initiales** et exprimée en s^{-1} .

2– Constante de temps d'un échantillon radioactif :

On définit la **constante de temps** τ par la **relation** suivante : $\tau = \frac{1}{\lambda}$. son **unité**

dans (S.I) est : **seconde** s . On a $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = N_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$.

à l'instant $t = \tau$ on trouve : $N(\tau) = N_0 \cdot e^{-\frac{\tau}{\tau}} = N_0 \cdot e^{-1} = 0,37 N_0$. Alors τ est la **durée nécessaire pour la désintégration de 37% du nombre initial** N_0 de **nucléides**.

Remarque : La **tangente** de la **courbe** $N = f(t)$ à l'instant $t = 0$ coupe l'axe des **abscisses** au point de l'abscisse $t = \tau$.

3– Demi-vie radioactive :

La **demi-vie** d'un **nucléide radioactif** $t_{1/2}$ est la **durée** au bout de laquelle la **moitié** des **nucléides radioactifs initialement présent** dans l'échantillon se sont **désintégrés**.

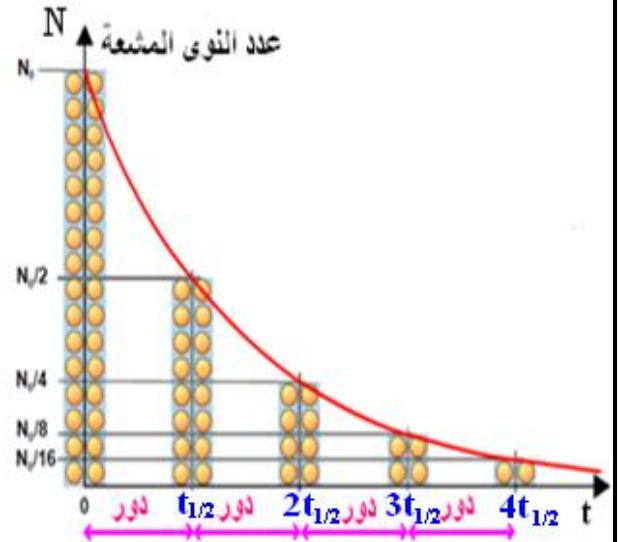
A $t = t_{1/2}$ on a $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$ donc
 $N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = \frac{N_0}{2}$ c-à-d $e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = \frac{1}{2}$ donc
 $-\lambda \cdot t_{1/2} = \ln \frac{1}{2} = -\ln 2$

Alors $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2$.

On a $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ et $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

Donc $N(t) = N_0 \cdot e^{-\ln 2 \cdot \frac{t}{t_{1/2}}} = N_0 \cdot e^{\ln 2 \cdot -\frac{t}{t_{1/2}}}$

Donc $N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}}$.



4- Activité d'un échantillon radioactif :

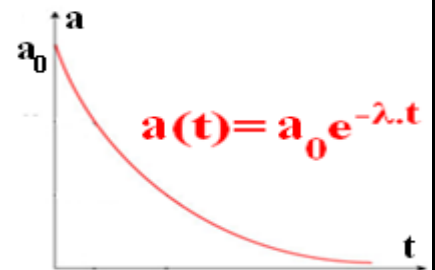
L'activité $a(t)$ d'un échantillon radioactif contient le nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs est le nombre de désintégration par seconde. Son expression est :

$a(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$ son unité dans (S.I) est : **Becquerel Bq**

(1 Bq correspond à une désintégration par seconde) et on utilise aussi **Curie Ci** tel que : $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$.

On a $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ c-à-d $\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

Donc $a(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = \lambda \cdot N(t)$.



A l'instant $t = 0$, l'activité d'un échantillon radioactif est : $a_0 = \lambda \cdot N_0$

Donc $a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$. L'activité d'une source radioactive peut être mesurée avec : \hookrightarrow Le compteur Geiger \hookrightarrow Le compteur Geiger-Muller

5- La datation par la radioactivité :

\hookrightarrow Les géologues et les archéologues utilisent différentes techniques pour déterminer l'âge des fossiles et des roches ... Parmi ces techniques, on compte celles qui reposent sur la radioactivité. Ainsi, un échantillon peut être daté en comparant son activité à celle d'autre échantillon témoin.

\hookrightarrow Plus l'échantillon à dater est ancien, plus la demi-vie de nucléide utilisé est élevée.

\hookrightarrow Le carbone 14 est produit en permanence par le rayonnement cosmique à partir de l'azote dans la haute atmosphère. Les échanges qui se produisent entre l'atmosphère et le monde vivant maintiennent quasiment constant le rapport entre la quantité de carbone 14 et celle de carbone 12. Mais, dès qu'un organisme meurt, le carbone 14 qu'il contient n'est plus renouvelé puisque les échanges avec le monde extérieur cessent, sa proportion se met à décroître car il est radioactif

selon l'équation ${}^{14}_6\text{C} \xrightarrow{\beta^-} {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$. On applique la loi de décroissance radioactive : $a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$ On sait que : $t_{1/2} = 5600 \text{ ans}$ et $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ alors

$a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t} \Leftrightarrow \frac{a}{a_0} = e^{-\lambda t} \Leftrightarrow \ln\left(\frac{a}{a_0}\right) = -\lambda t \Leftrightarrow \ln\left(\frac{a_0}{a}\right) = \lambda t$

On mesure l'activité $a(t)$ d'une masse d'échantillon connue, et connaître a_0 l'activité de la même masse d'un échantillon témoin existant. Alors, on peut

déterminer son âge t par la relation suivante : $t = \frac{\ln\left(\frac{a_0}{a}\right)}{\lambda} = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \cdot \ln\left(\frac{a_0}{a}\right)$.